

論文

中学生・高校生の“Nature of Science” に関する理解の比較研究

鈴木 宏 昭

Comparative Research on Junior High School and High School
Student' View about the Nature of Science

SUZUKI Hiroaki

1. はじめに

現在の社会は、科学や技術の多くの成果によって成立しているともいえる。科学や技術の成果が広まるに伴って、科学と社会の関連は、現実に見逃すことのできないものとなっているといえよう。そのような中で、日本の中学生は、現代社会を支えているといってもよい科学や技術についてどのように理解しているのであろうか。そもそも科学は、科学理論や法則から成る知識体系としての側面だけでなく、歴史的な営みとしての歴史的側面、社会との双方向的な影響などの社会的側面、文化の一部を構成するものとしての文化的側面などを持っているものである⁽¹⁾⁽²⁾。こうした科学の持つ多様な側面は、科学について言及する営みであるメ

タサイエンス、つまり、科学論の成果によって明らかにされてきた。具体的には、科学研究における帰納主義の限界、科学者集団の社会的機能、科学と非科学の境界設定における反証主義などがあげられる。こうした内容は、“About Science”や、“Nature of Science”（以後、NoS と略記）⁽³⁾と呼ばれ、これまでの理科教育においても、理解すべき教育内容の一つとして、理科カリキュラムへの導入が議論されてきた。実際、近年の世界的な理科教育の目的として掲げられる科学的リテラシー獲得の構成要素の一つとして、NoS の理解が盛り込まれることも多い⁽⁴⁾。中学生や高校生の科学や技術についての認識を探るためには、彼らの NoS の理解を調査することが考えられる。

これまでも、中学生や高校生を対象に、NoS の理解に関する調査は行われている。例えば、中学生を対象として研究には、釜谷の研究がある⁽⁵⁾。釜谷は、日本の中学生が「科学知識の創造性・想像性」について未理解傾向であることを明らかにした。一方、高校生を対象とした調査研究には、Lederman ら⁽⁶⁾や丹沢ら⁽⁷⁾などの研究がある。Lederman らは、NoS の 7 つの意味内容に関する自由記述形式の質問紙 VNOS を開発し、質問紙調査と対象者へのインタビュー調査を行った。彼らは、その結果から、高校生の NoS に関する理解、特に科学知識の社会・文化的な影響に関する理解が低いことを指摘した。また、丹沢らは、科学と技術が密接に関連していることを認識している高校生の割合が低いことを明らかにした。しかし、これまでの様々な調査は、中学生や高校生に対して、NoS の意味内容の理解に関する調査を行っているものの、それらの結果の学校段階間の比較、特に、日本の中学生と高校生の NoS に関する理解の比較分析は、十分に行われていない。そこで、本研究は、その点を中心に進めることとした。

2. 研究の目的と方法

本研究の目的は、日本の中学生と高校生の NoS の理解の実態を明らかにし、比較することである。本研究は、質問紙調査を用いた。調査の対象は、T 県の中学 2 年生約 190 名と T 県の普通科高校の高校 2 年生約 230 名であった。また、調査時期は、2007 年 5 月である。本研究の調査には、すでに筆者らが 2006 年に実施した NoS に関する調査と同様の問題を使用した⁽⁸⁾。この調査問題は、これまでの国内外の先行研究、欧米の理科カリキュラム、特にアメリカ、イギリスの理科カリキュラムを参考にした。アメリカは、『全米科学教育スタンダード』⁽⁹⁾、『科学的リテラシーのためのベンチマーク』⁽¹⁰⁾、イギリスは、『ナショナル・カリキュラム理科』⁽¹¹⁾ である。これらの理科カリキュラムは、それぞれの国で全国的な理科カリキュラムである。そこで、それらの理科カリキュラムにおける中等前期段階までの NoS に関する学習内容を参考にした。さらには、近年の科学論に関する知見をもとに作成した。その内容の配分は、19 項目の質問項目のうち、科学知識の性質に関する質問項目が、16 項目、探究スキルの性質に関する質問項目が 3 項目とした。また、それぞれの質問項目の表現の適切さや難易度についても検討を行った。欧米の理科教科書では、日常的に使用されている語句であっても、その訳語が日本の中学校の理科教科書では使用されていないものがあった。例えば、「理論」(theory)という言葉である。「理論」という言葉は、米国の中等前期段階の理科教科書では、日常的に使用されているにもかかわらず、日本の理科教科書ではあまり使用されていない。そこで、そのような語句があった際は、調査対象の中学生の使用している理科教科書で使用している語句や写真・図などを参考に、質問項目の表現などを変更した。

3. 理科教育における NoS の意味内容と教授意義

理科教育における NoS の意味内容の多様性に関する議論の展開について筆者はすでに、別稿にて言及している⁽¹²⁾ ので、ここでは略述にとどめることとしたい。

理科教育の中で議論されている NoS の意味内容は、多様な立場が存在する科学論の成果を反映しているためか、すべての研究者の間で、必ずしも一致しているわけではない⁽¹³⁾。現在においてもなお、理科教育における NoS の具体的な意味内容に関しては、未だ多くの研究者によって議論されている。例えば、ある論者は、NoS の意味内容の一つとして、「科学知識の数学的表記」という性質を挙げる。また別の論者は、科学知識がいかに科学者集団の中で合意され、伝播するかについての性質を挙げる。つまり、NoS を主張する論者が、科学のどの側面に着目し、いかなる観点で科学の営みを表現するかによって変化する。しかしその一方で、K から第12学年までの間で、理科教育で扱われるべき NoS の内容の主張には、一定の合意や共通性がみられる⁽¹⁴⁾。NoS の意味内容をまとめた研究の一つとして、Lederman 等の研究があげられる⁽¹⁵⁾。彼は、これまでの先行研究を概括したうえで、科学、特に科学知識の成立や発展のプロセスに着目し、7つの NoS の意味内容にまとめている。彼は、科学、特に科学知識の成立や発展のプロセスに着目し、NoS を論じている。彼が主張する具体的な NoS の意味内容は、①観察と推論の相違等、それぞれの探究スキルの性質、②科学理論と法則はともに科学知識であるが、異なる性質の科学知識であること、③科学知識は、人間の想像性や創造性を含んでいること、④科学知識は、主観的な部分でもあること、言い換えるならば、観察の理論負荷性、⑤科学知識と社会・文化は、双方向的な影響を受けていること、⑥科学知識の実証性、⑦科学知識の可変性の7つである。もちろん、これら7つの意味内容以外の意味内容を主張する研究者もいる。しかし、これら7つの意味内容は、Lederman の主張後、

多くの理科教育学の研究者によって同意、引用されている。つまり、安定した NoS の意味内容といってよいだろう。そこで、これら 7 つの意味内容を、中心に、またその他の内容を含めて調査していくこととした。

こうした NoS の意味内容に関する欧米の議論の中には、NoS の理解が、多様な科学の側面について理解する目的だけでなく、理科学習の促進にもつながるという主張もある。例えば、Driver らは、理科教育における NoS の内容を理解することの教育的意義を整理している⁽¹⁶⁾。そこでは、NoS の理解が、現代社会を生きる市民の素養として、科学に関するメディア情報の取り扱い方を学習することにつながり、また、科学を一つの文化として捉えるための教養として、科学史などを理解する際に役立つというものだけではなく、理科学習において、モデルの性質など、科学知識の特徴などについて理解でき、そのことが理科学習を促進させるというものである。同様に、生徒の NoS の理解が理科学習の促進にいかに関与を与えるかについては、Monk と Osborn が、科学的な考えの歴史的発達、生徒の科学概念の理解の順序に類似していること、過去の科学的な考えと現在の科学的な考えを比較することによって、現在の科学的な考えに生徒をより注目させることができるという理由から、NoS の理解が、生徒の理科学習を促進させることができるとしている⁽¹⁷⁾。このように、生徒の NoS の理解が、科学や技術を活用する市民として素養や、科学を文化の一部としてとらえるための教養としてだけでなく、理科学習の理解を促進する点もふまえると、今後、日本の理科教育において、生徒の NoS の理解を高めるためのカリキュラムや、指導法などを検討する必要がある。そしてまた、日本の中学生・高校生の NoS の理解の実態を探ることは、検討を行う際、有益な示唆を与えてくれるものと思われる。

4. 結果と考察

質問紙では、質問項目として19の問題を設定した。しかしここでは、それらの調査の結果の中で、「科学知識の実証性」、「科学知識の可変性」、「科学知識の生成における社会・文化的影響」、「科学知識の最終的な決定」、「観察」、といった5つの質問項目の特徴的な結果について報告し、考察していくこととする。

1) 科学知識の実証性について

問題：科学の法則は、観察や実験から得られた結果に裏付けられている。

この問題は、科学知識である科学の「法則」や「理論」の中でも、中学校理科教科書でも使用されている科学の「法則」の実証性について、生徒がどのような認識を持っているかを探る問題である。このような科学や科学知識の実証に関する考え方は、20世紀初頭に、哲学も自然科学同様の実証性を備えるべきであるとする主張がおこり、現在では、論理実証主義と呼ばれている⁽¹⁸⁾。この立場は、科学知識が根拠に基づいて実証されなければならないとする考え方である。

表1. 科学知識の実証性に関する調査結果

	とてもそう 思う	ややそう思 う	どちらとも いえない	あまりそう 思わない	全くそう思 わない
中学生	32%	44%	19%	4%	1%
高校生	49%	39%	10%	1%	1%

調査結果では、上の表1に表された結果をみれば明らかなように、「とてもそう思う」と「ややそう思う」と回答した中学生の割合が全体の75%を超えた。その一方、「あまりそう思わない」や「まったくそう思わない」と答えた生徒が5%程度であった。つまり、中学生の多くは、科

学知識の実証性について肯定的であった。また、高校生においては、約9割の生徒が科学知識の実証性について肯定的な立場にたっていた。そのことから、日本の中学生・高校生の多くは、科学知識が、実証的なものであると考えていることがわかる。こうした考えを持っていることの原因としては、日本の理科教育が、学習指導要領などにおいて、観察や実験活動を強調し、理科授業の中で、観察や実験活動に多くの時間が当てられていることが考えられる⁽¹⁹⁾。理科だけでなく、科学に関連した活動の中で、数多く観察・実験活動が行われている。生徒たちは、そうした活動を見たり、体験したりする中で、暗黙的に科学とは観察・実験を行うこと、科学知識とは、実証的に証明されたものという意識をもつかもしれない。こうした科学知識の実証性に関する考え方は、中学生・高校生に限らず保持しているので、日本の中学生・高校生は、一貫してそのような考え方を保持しているといえる。

2) 科学知識の可変性について

問題：現在は、昔と比べて科学が発達したので、現在、「正しい」と考えている科学知識は、やがて「正しくない」とわかったり、修正されることはない。

この問題は、現在、広く「正しい」と認識されている科学知識が、今後、正しくなくなったり、修正されたりする可能性、つまり、科学知識の可変性について、生徒がどのような認識を持っているかを探る問題である。科学知識の可変性については、特に「科学知識の可変性」は、他の意味内容と比べ、多くの理科教育学者によってこの内容の学習の必要性が叫ばれており、実際、英米をはじめ多くの国の理科カリキュラム導入されている⁽²⁰⁾。そもそも「科学知識の可変性」とは、科学知識は信頼性とある程度の永続性を保持するものだが、絶対的に確かなものでもなく、今後変わりうるものであるという考えである。こうした考えについては、藤垣が以下のように指摘している⁽²¹⁾。現在の科学の専門家集団

は、科学研究において専門誌に最先端の科学知識を公表していく。まさに今現在においても新たな科学知識がうみだされているといっても過言ではない。それらの専門誌の知識は、時々刻々作られては、より優れた科学知識として書き換えられていく。つまり、科学知識は常に「現在進行形」で形成が進められているということである。一般の人は、科学史で、「19世紀においては〇〇が真実と考えられていたが、現在では××が真実であると考えられている」という種類の記述をみても驚きはしない。つまり、科学知識が書き換えられる性質をもつということを、どこかで理解しているのであるという。ところが、これが科学と社会との接点で起こる問題となると、人々はこのことを忘れて、科学に対する要求水準を上げる。科学は常に正しいことを言っているはずである、という批判をするという。つまり、現代では、潜在的に多くの人に広く認知されているわけではないというのである。日本の中学生や高校生も科学知識の可変性についてどのように考えているのであろうか。

表2. 科学知識の可変性に関する調査結果

	とてもそう 思う	ややそう思 う	どちらとも いえない	あまりそう 思わない	全くそう思 わない
中学生	4%	17%	35%	26%	17%
高校生	13%	36%	20%	19%	12%

上記の表が示すように、日本の約3割から4割の中学生や高校生は、科学知識が、今後、変化しうるものであると考えていた。ただし、科学知識が可変的であると考えている日本の高校生の割合は、中学生よりも高かった。この調査項目では、他の調査項目と異なり、日本の高校生の理解の方が、中学生よりも低かった。このことから、生徒たちは、学年進行によってNoSの内容を理解していくわけではないことが明らかになった。つまり、生徒たちに「科学知識の可変性」の内容を理解させるならば、

意図的・意識的に教授する必要があることを示唆しているといえよう。

3) 科学知識の生成における社会・文化的影響について

問題：科学者が、科学の法則を見出したり、考え出したりすることは、その時代の社会や文化に影響をうけない。

この問題は、科学者が科学の法則や理論を発見したり、発明したりする際、その当時の社会・文化的影響を受けるか受けないかに関する生徒の認識を探る問題である。科学知識における社会・文化の影響については、これまでの科学史を見れば明らかなように、多くの点でその影響を受けている。このような考えは、科学が、一つの人間の営為として、また、一つの文化という文脈の中で実践されているものとして捉える⁽²²⁾。現代科学は、文化に多大な影響をあたえ、また逆に、影響を受けている。文化のほかに科学が影響を与え、科学に影響を与えているものとしては、社会情勢、権力構造、政治、宗教が含まれよう。近年における科学と社会の関連性を考えるならば、遺伝子研究やクローンの研究の議論は、科学に社会が影響を与えた好例であろう。こうしてみると、科学知識の創造、発展には、社会的・文化的影響が及ぼされている。言い換えるならば、科学知識は、社会的・文化的に組み込まれているといえる。今回の調査では、そのような具体的な事例については挙げずに質問項目を設定した。

表3. 科学知識の生成における社会・文化的影響に関する調査結果

	とてもそう 思う	ややそう 思う	どちらとも いえない	あまりそう 思わない	全くそう 思わない
中学生	19%	33%	29%	14%	5%
高校生	4%	13%	27%	28%	28%

表3に示されているように、中学生多くが、科学知識の発見や発明に

社会・文化影響がないと考えていた。一方、日本の高校生は、約半数が、科学知識の発見や発明に社会・文化的な影響があると考えていた。この調査項目では、科学知識の発見や発明に社会・文化的な影響があると認識している高校生の割合が、中学生に比べ、若干増加していた。しかし、この質問項目は、「どちらともいえない」と回答した生徒の割合が約3割であった。

4) 科学知識の最終的な決定について

問題：科学の法則の正しさを最終的に決定するのは、観察や実験から得られた結果である。

問題：科学の法則の正しさを最終的に決定するのは、その法則に関係する科学者たちのほとんどがその法則を認めるかどうか（賛成するかどうか）である。

この2つの問題は、科学知識が成立するために必要な条件が、観察や実験の結果であるか、もしくは、科学者共同体の合意であるかどうかということを問う内容である。最近の例では、冥王星が太陽系の惑星の一つから外れるという事件があった。この件は、「太陽系の惑星」に関する定義が、国際学会の機能によって変更された。つまり、「太陽系の惑星」という科学知識が、観察や実験の結果ではなく科学者集団の機能によって変化したのである。このようにしてみると、我々の日常生活の中でも、科学知識が、学会等、科学者集団の合意によって変更されていることが確認できる。しかし、多くの生徒達は、それらの科学知識は、ある種別のものとして認識しているかもしれない。また、生徒達は、学校の理科授業で学習する法則などの科学知識が絶対的であり、こうした科学者集団の機能とはかけ離れた存在であるように認識しているかもしれないと思いこの質問を設定した。

特に日本の中学生は、下の図1をみれば明らかなように、科学知識の成立の最終的な基準が、科学者集団の合意にあるとする相対主義的な立場でなく、観察や実験の結果に基準をおく、客観主義的な考え方を有し

ている傾向にあった。

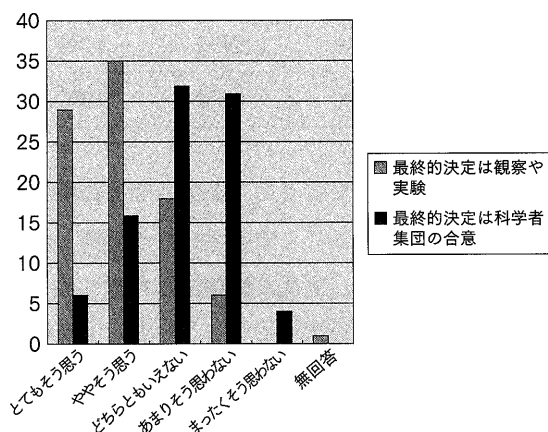


図1. 中学生の科学知識の最終的な決定に関する回答結果

ただし、この問題は、連続した問いであるにも関わらず、前問では、最終的な決定の基準を観察や実験の結果であると回答しながら、後問において、最終的な決定の基準は、科学者集団の合意とも回答している生徒も数人見られた。現行の理科の内容に当然含まれていないので、生徒は、科学の理論形成における科学者集団の機能について理解していないといえる。

5)「観察」について

問題：観察は、前もって予想したり、仮説を立てずに、自然の物や現象をありのままに見たり、聞いたり、味わったり、においをかいだり、さわったりすることである。

この問題は、生徒が、理科授業の中の観察活動において、観察対象に対する何らかの枠組みをもって行われているかどうかを探る問題である。この問題の内容は、観察の理論負荷性と深く関わっている。

表4. 「観察」に関する調査結果

	とてもそう 思う	ややそう思 う	どちらとも いえない	あまりそう 思わない	全くそう思 わない
中学生	20%	31%	26%	17%	6%
高校生	15%	27%	26%	16%	16%

結果、表4を見れば明らかなように、全体の52%の生徒が、観察を事前に予想したりや仮説を立てることをせずに行う活動であると考えていた。現在の学習指導要領では、生徒が観察活動を行う際、見通しをもつこと、つまり予想をすることを求めている。しかし、生徒の観察活動に関する認識は、対象について予想をしたり、仮説を立てずに、観察対象のありのままの姿を見たりすることであると考えていた。また、中学生と高校生の比較という点では、高校生のほうが中学生よりも、仮説を立てずに観察や実験活動を行うことに否定的であった。

5. おわりに

本研究は、中学生と高校生の NoS に関する理解の実態を調査し、比較分析を行った。その結果、NoS の内容の中でも、「科学知識の可変性」に関する調査項目では、中学生と高校生ともに低い理解であることが明らかになった。また、「科学知識の生成における社会・文化的影響」に関する調査項目では、中学生よりも高校生で高い理解を示していた。しかし、欧米の先行研究における調査結果との国際比較では、これら2つの内容に関する日本の中学生と高校生の結果は、欧米の結果よりもともに低いものであった。また、生徒たちは、学校の理科授業の中で強調されている「観察」という活動がどのような活動であるのか、あまり理解していなかった。このことは、理科授業における観察活動が、ある意味、理科授業の代名詞的に扱われ、「観察」という活動についての理解よりも、

「観察」の活動にのみ強調されていることを表しているのかもしれない。

本研究では、中学生と高校生の比較という点で中学生と高校生の差を明らかにすることはできたものの、その差を説明する確かな根拠を見いだすことはできなかった。そのため、今後は、本研究を踏まえて国際比較でも日本の中学生や高校生で低い調査項目について、その理解の実態を比較しつつ、詳細に明らかにする必要がある。また、それらの知見をもと、日本におけるNoSに関する新たな展望を示したい。

【付記】

本論文は、日本科学教育学会第31回年会（2007年8月）発表要旨に、その後の関係資料の分析を踏まえて加筆・修正したものである。

註

- (1) 井山弘幸、金森修：『現代科学論－科学をとらえ直そう－』、新曜社、2000年。
- (2) 金森修、中島秀人：『科学論の現在』、勁草書房、2002年。
- (3) 日本の理科教育において、“Nature of Science”の訳語は、統一して使用されているとはいいがたい。現在もその訳語は、論者によって「科学の本質」、「科学の性質」「科学の本性」などと多様に訳されている。本稿は、“Nature of Science”の訳語について詳細に検討することが目的ではないことから、本稿における“Nature of Science”（本文ではNoSと略記）は、あえて訳さず表記することにした。
- (4) 鶴岡義彦：「『Scientific Literacy について－米国科学教育に関する考察－』、『教育学研究集録』、第2集、筑波大学大学院教育学研究科、1979年、159-167頁。
- (5) 釜谷尚史：「中学生の科学の本質の理解に関する研究－中学二年生を対象として－」、日本教科教育学会全国大会論文集、2004年。
- (6) N.Lederman, et al. : View of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of learner's Conception of Nature of Science, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.39, No.6, 2002, pp.497-521.
- (7) 丹沢哲郎・熊野善介・土田理・片平克弘・今村哲史・長洲南海男：「日本人の科学観・技術観の特徴に関する研究」、『理科教育学研究』、Vol.44、No.1、2003年、1-12頁。
- (8) 鈴木宏昭、大高泉：「日本の中学生における『科学の性質』の理解に関する研究－科学知識や科学のプロセスに関する理解に着目して－」、日本理科教育学会第56回全国大会論文集、2006年、85頁。
- (9) National Research Council : *National Science Education Standards*, National

- Academy Press, 1996. 長洲南海男監訳：『全米科学教育スタンダード』、梓出版社、2000年。
- (10) American Association for the Advancement of Science : *Benchmarks for Science Literacy*, Oxford University Press, 1993.
 - (11) Department for Education and Employment・Qualifications and Curriculum Authority : *Science: The National Curriculum for England - Key Stages 1-4*, The Stationery Office Books, 1999.
 - (12) 拙稿：『理科教育における「科学の性質」の導入に関する研究』、筑波大学大学院人間総合科学研究科中間評価論文（未刊行）、2006年。
 - (13) M.Smith, N.Lederman, et al : How great is the disagreement about the nature of science; A response to Alters, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.34 No.10, pp.1101-1103, 1997.
 - (14) W.McComas : The Role And Character of The Nature of Science in Science Education, *The Nature of Science in Science Education Rationale and Strategies*, Kluwer Academic Publishers, 1998, pp.7-12.
 - (15) N.Lederman : Student's and Teachers' conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.29 No.4, 1992, pp.331-334.
 - (16) R.Driver, J.Leach, R.Millar, P.Scot : Why does understanding of the nature of science matter?, *Young people's images of science*, Open University Press, 1996, pp.8-24.
 - (17) M.Monk, J.Osborne : Placing the history and philosophy of science on the curriculum: a model for the development of pedagogy, *Science Education*, 81, 1997, pp405-406.
 - (18) H. ブラウン著、野家啓一、伊藤春樹訳：『科学論序説－新パラダイムへのアプローチ－』、培風館、1985年。
 - (19) 文部科学省、『中学校指導要領解説、理科編』、大日本図書、1999年。
 - (20) N.Lederman : Student's and Teachers' conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.29 No.4,1992, pp.331-334. また、B.Sorsby : The irresistible rise of the nature of science in science curricula, *issues in science teaching*, 2004, pp-23-30.
 - (21) 藤垣裕子：『『固い』科学観再考－社会構成主義の階層性』、『思想』、Vol.973、岩波書店、2005年、27－47頁。
 - (22) J. ザイマン著、竹内敬人、中島秀人訳：『科学と社会を結ぶ教育とは』、産業図書、1988年。

（本学教育学部非常勤講師）